

BEST AVAILABLE COPY

[Title of the Invention]

Antenna combiner having therein RF switch

[Abstract]

[Purpose]

To miniaturize an antenna combiner having therein an RF switch.

[Constitution]

An antenna switching circuit 4 is provided between an antenna terminal "ant" and each of a filter 2 for transmission and a filter 3 for reception. The antenna switching circuit 4 comprises: an RF switching circuit having diodes D1 and D2 and a $\lambda/4$ phase shifter 41; and a parallel resonator 42. A connection between an antenna ANT and the filter 2 for transmission and a connection between the antenna ANT and the filter 3 for reception are switched by a control signal supplied from a control terminal CONT. The parallel resonator 42 is a resonator comprising a capacitor C_{RF} and a coil L_{RF} , which has a resonance point in a transmission band. The capacitor C_{RF} and the coil L_{RF} take the form of a stacked chip capacitor and an air-core coil, respectively, thereby enabling a circuit for blocking a transmission signal to be miniaturized. It accordingly makes the size the antenna combiner having therein the RF switch smaller.

[0020]

[Embodiment] Fig. 1 is a circuit block diagram of an embodiment of an antenna combiner according to the invention. An antenna combiner 1 is used for, for example, a two-way radio communication device such as a portable telephone.

[0021] The antenna combiner 1 comprises a filter 2 for transmission, a filter 3 for reception, and an antenna switching circuit 4 using a diode switch.

[0022] The antenna combiner 1 is provided with an antenna terminal ant to which an antenna ANT is connected, a transmission terminal Tx to which a transmission circuit (not shown) is connected, a transmission terminal Rx to which a reception circuit (not shown) is connected, and a control terminal CONT to which a control signal for controlling the connection between the antenna ANT, the filter 2 for transmission and the filter 3 for reception is supplied.

[0023] The filter 2 for transmission is a filter which takes the form of an LPF (Low Pass Filter) for regulating a transmission signal from the transmission circuit inputted from the transmission terminal Tx into a predetermined transmission band. The input terminal of the filter 2 is connected to the transmission terminal Tx. The filter 2 for transmission is, for example, a dielectric filter in which a plurality of dielectric coaxial resonators are cascade connected via capacitors. The filter 2 for transmission may take the form of a BEF (Band Elimination Filter) in which a series circuit of a capacitor and a dielectric coaxial resonator is cascade connected via an inductance which is made by a transfer line.

[0024] The filter 2 for transmission can take the form of an LPF or BEF using a strip line in place of a dielectric coaxial resonator. However, in consideration of a high Q (sharpness), a low loss in the pass band and the like, it is desirable to use a dielectric filter.

[0025] The filter 3 for reception is a filter which takes the form of a BPF for regulating a reception signal received by the antenna ANT to a signal in a predetermined reception band. The output terminal of the filter 3 is connected to the reception terminal Rx. The filter 3 for reception takes the form of, for example, an SAW filter. Although the filter 2 for transmission can also take the form of a dielectric filter, in order to realize the small and light antenna combiner 1, it is desirable to use a small and light SAW filter.

[0026] The antenna switching circuit 4 comprises: an RF switching circuit (RF switching means) having two diodes D1 and D2 which are pin diodes and a $\lambda/4$ phase shifter; a parallel resonator 42 for checking an RF signal in a transmission band, and a resistor R for regulating a control current flowing to the antenna switching circuit 4. The components are connected as follows.

[0027] The diode D1, the $\lambda/4$ phase shifter 41 and the diode 2 are connected in series in this order. The anode of the diode D1 is connected to the output terminal of the transmission filter 2 via a coupling capacitor C2 and also to the control terminal CONT via the parallel resonator 42 and the resistor R. The cathode of the diode D2 is connected to the ground. The cathode of the diode D1 is connected to the antenna terminal ant via a coupling capacitor C1. The anode of the diode D2 is connected to the input terminal of the reception filter 3 via a coupling capacitor C3.

Fig. 1

- 1 dielectric F
- 2 $\lambda/4$ phase shifter

(11)特許出願公開番号

特開平8-237166

(43)公開日 平成8年(1996)9月13日

(51)IntCl [*]	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B	1/48		H 0 4 B	1/48
H 0 1 P	1/15		H 0 1 P	1/15
	1/213			1/213 M
H 0 3 H	7/46		H 0 3 H	7/46 A
// H 0 3 H	9/145	7259-5 J		9/145 D

審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平7-36646

(22)出願日 平成7年(1995)2月24日

(71)出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 後川 祐之

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式
会社村田製作所内

(72)発明者 山田 康雄

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式
会社村田製作所内

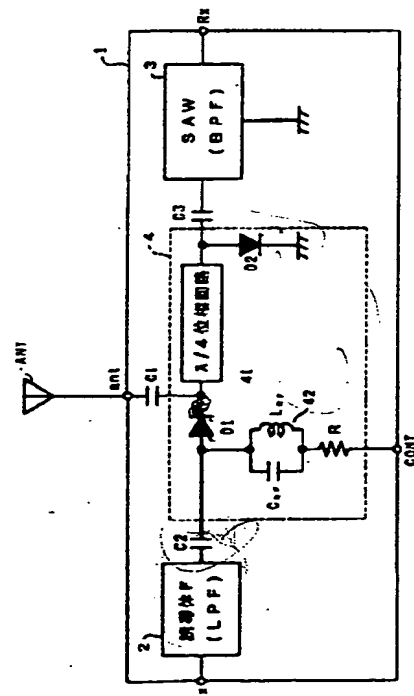
(74)代理人 弁理士 小谷 悦司 (外3名)

(54) 【発明の名称】 RFスイッチ内蔵アンテナ共用器

〔57〕【要約】

【目的】 RFスイッチ内蔵アンテナ共用器の小型化を図る。

【構成】 アンテナ端子 a n t と送信用フィルタ 2 及び受信用フィルタ 3 との間に、ダイオード D 1、D 2 及び $\pi/4$ 位相回路 4 1 からなる R F スイッチ回路と並列共振回路 4 2 とからなるアンテナ切換回路 4 が設けられ、制御端子 C O N T から入力された制御信号によりアンテナ A N T と送信用フィルタ 2 との接続及びアンテナ A N T と受信用フィルタ 3 との接続が切り換えられる。並列共振回路 4 2 は送信帯域に共振点を有するコンデンサ C_{RF} とコイル L_{RF} との共振回路からなり、それぞれ積層チップコンデンサと空心コイルとで構成することにより送信信号を阻止する回路の小型化を可能にし、これにより R F スイッチ内蔵アンテナ共用器の小型化を図った。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 アンテナが接続されるアンテナ端子と、受信回路が接続される受信端子と、送信回路が接続される送信端子と、上記アンテナで受信された受信信号を所定の受信帯域に制限して上記受信回路に出力する受信用フィルタと、上記送信回路から入力された送信信号を所定の送信帯域に制限して上記アンテナに出力する送信フィルタと、上記アンテナ端子と上記送信用フィルタ及び受信用フィルタ間に介設され、上記アンテナと送信用フィルタの出力端及び受信用フィルタの入力端とを切換接続する RF スイッチ手段と、上記 RF スイッチ手段の切換制御を行うための制御信号が入力される制御端子とを備え、上記制御信号により上記 RF スイッチ手段を切り換えて上記アンテナを送信用アンテナと受信用アンテナとに共用する RF スイッチ内蔵アンテナ共用器であって、上記送信帯域に共振点を有する、コンデンサとコイルとの並列共振回路を、上記制御端子と上記 RF スイッチ手段間に介設したことを特徴とする RF スイッチ内蔵アンテナ共用器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、アンテナと送信用フィルタ及び受信用フィルタとの接続を RF スイッチで行い、1本のアンテナを送信用アンテナと受信用アンテナとに共用する RF スイッチ内蔵アンテナ共用器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、1本のアンテナを送信用アンテナと受信用アンテナとに共用するアンテナ共用器が知られている。

【0003】 図 3 は、従来のアンテナ共用器の一例を示すブロック図である。同図に示すアンテナ共用器 100 は、アンテナ 101 に接続されるアンテナ端子 ant と送信回路 102 に接続される送信端子 Tx 間に BEF (Band Elimination Filter) からなる送信用フィルタ 100A が設けられ、アンテナ端子 ANT と受信回路 103 に接続される受信端子 Rx 間に BPF (Band Pass Filter) からなる受信用フィルタ 100B が設けられている。上記送信用フィルタ 100A 及び受信用フィルタ 100B は、例えば誘電体フィルタで構成されている。

【0004】 また、1本のアンテナと送受信回路間に介設され、アンテナと送信回路又は受信回路との接続を切り換えてアンテナを送信用と受信用とに共用する RF スイッチが知られている。

【0005】 図 4 は、従来の RF スイッチの回路構成図である。同図に示す RF スイッチ 104 は、2 個の FET (Field Effect Transistor) からなる半導体スイッチ 105、106 を用いたものである。Tx 端子、Rx 端子及び ant 端子は、それぞれ送信回路 (不図示)、受信回路 (不図示)、アンテナ 101 が接続される端子

である。

【0006】 また、端子 V は、FET 105、106 の駆動電源 (直流電源) を供給する端子、制御端子 G1、G2 は、それぞれ FET 105、FET 106 の ON/OFF (開閉) を制御する制御信号が入力される端子である。また、コンデンサ C は、FET 105、106 と端子 ant 間を交流的に接続し、端子 V から入力される駆動電源が端子 ant 側に出力するのをカットするものである。また、チョークコイル RFC は、FET 105、106 と電源端子 V 間を直流的に接続し、FET 105 から出力される送信信号が電源端子 V 側に流出するのを阻止するものである。

【0007】 制御端子 G1、G2 にはそれぞれ互い位相の反転したパルス列信号からなる制御信号 S1、S2 が入力され、これら制御信号 S1、S2 により FET 105、106 を交互に ON/OFF させてアンテナ端子 ant (すなわち、アンテナ 101) と端子 Tx (すなわち、送信回路) 又は端子 Rx (すなわち、受信回路) との接続が交互に切り換えられるようになっている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 従来のアンテナ共用器 100 は、送信用フィルタ 100A の出力端と受信用フィルタ 100B の入力端とがアンテナ端子 ant に直接、接続され、送信フィルタ 100A を透過した送信信号が受信用フィルタ 100B を介して受信回路 103 に流入し、アンテナ 101 で受信された受信信号が送信フィルタ 100A を介して送信回路 102 に流入するので、これを防止するため、送信用フィルタ 100A 及び受信用フィルタ 100B のフィルタ特性としてそれぞれ相手帯域 (フィルタ 100A については受信帯域、フィルタ 100B については送信帯域) において十分な減衰量が要求されている。

【0009】 しかし、送信用フィルタ 100A 及び受信用フィルタ 100B のフィルタ設計において、相手帯域における減衰特性を優先してフィルタ設計を行うと、通過帯域における損失 (挿入損失) が大きくなり、通過帯域において低損失が要求される無線機器に従来のアンテナ共用器を適用することは困難である。

【0010】 この問題を解決するため、アンテナ端子 ant と送信用フィルタ 100A 及び受信用フィルタ 100B 間に RF スイッチ 104 を介設し、この RF スイッチによりアンテナ端子 ant と送信用フィルタ 100A 又は受信用フィルタ 100B との接続を交互に切り換える方法が考えられる。

【0011】 しかし、かかる方法を採用した場合、スイッチ回路を増加する分、アンテナ共用器が大型化することになるので、スイッチ回路は可及的小型の部品で構成することが望ましい。

【0012】 ところで、RF スイッチ 104 の電源端子 V に設けられたチョークコイル RFC は、大電力送信信

号の電源端子側への流入を阻止するため、少なくとも送信帯域においてインピーダンスが $1\text{ k}\Omega$ 以上となるインダクタンス値が要求される。

【0013】例えば900MHz帯に送信帯域を有する通信機器に対するアンテナ共用器においては、インダクタンス値が200nH以上の空心コイル若しくは積層タイプのチップインダクターでチョークコイルRFCを構成する必要がある。

【0014】しかし、チョークコイルRFCを空心コイルで構成すると、非常に大型になり、スイッチ回路の小型化が困難になる。一方、チョークコイルRFCをチップコンダクターで構成すると、空心コイルに比して小型になる反面、部品コストが高価になり、アンテナ共用器のコスト低減の要求に反することとなる。

【0015】本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、比較的低価格で小型化が可能なRFスイッチを内蔵したアンテナ共用器を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明は、アンテナが接続されるアンテナ端子と、受信回路が接続される受信端子と、送信回路が接続される送信端子と、上記アンテナで受信された受信信号を所定の受信帯域に制限して上記受信回路に出力する受信用フィルタと、上記送信回路から入力された送信信号を所定の送信帯域に制限して上記アンテナに出力する送信フィルタと、上記アンテナ端子と上記送信フィルタ及び受信用フィルタ間に介設され、上記アンテナと送信フィルタの出力端及び受信用フィルタの入力端とを切換接続するRFスイッチ手段と、上記RFスイッチ手段の切換制御を行うための制御信号が入力される制御端子とを備え、上記制御信号により上記RFスイッチ手段を切り換えて上記アンテナを送信用アンテナと受信用アンテナとに共用するRFスイッチ内蔵アンテナ共用器であって、上記送信帯域に共振点を有する、コンデンサとコイルとの並列共振回路を、上記制御端子と上記RFスイッチ手段間に介設したものである。

【0017】

【作用】本発明によれば、アンテナ共用器は、アンテナ端子に送受信共用のアンテナが接続され、受信端子と送信端子とにそれぞれ受信回路と送信回路とが接続されて使用される。制御端子から入力される切換制御信号によりRFスイッチ手段の接続が交互に切り換えられ、これにより上記アンテナが送信回路と受信回路とに時分割で交互に切換接続されて送受信用に共用される。

【0018】制御端子とRFスイッチ手段間に介設された共振回路は、所定の送信帯域において共振点を有し

(当該送信帯域における送信周波数に対して高インピーダンスとなり)、送信用フィルタから出力される送信信号の制御端子側への流出を阻止する。

【0019】高周波信号を阻止する高周波阻止回路はコ

ンデンサとコイルとの並列共振回路で構成されているので、上記コンデンサ及びコイルの素子値は小さく、チップコンデンサ及び小型空心コイルで構成することによりチョークコイル単体で構成した場合に比して上記回路素子の小型化が可能になる。

【0020】

【実施例】図1は、本発明に係るアンテナ共用器の一実施例の回路構成図である。アンテナ共用器1は、例えば携帯電話等の双方向無線通信機に使用されるものである。

【0021】アンテナ共用器1は、送信用フィルタ2、受信用フィルタ3及びダイオードスイッチを用いたアンテナ切換回路4から構成されている。

【0022】アンテナ共用器1には、アンテナANTが接続されるアンテナ端子ant、送信回路(不図示)が接続される送信端子Tx、受信回路(不図示)が接続される受信端子Rx及び上記アンテナANTと上記送信用フィルタ2及び受信用フィルタ3との接続を制御するための制御信号が入力される制御端子CONTとが設けられている。

【0023】送信用フィルタ2は、送信端子Txから入力される送信回路からの送信信号を所定の送信帯域に制限するLPF(Low Pass Filter)からなるフィルタで、その入力端は送信端子Txに接続されている。送信用フィルタ2は、例えば複数の誘電体同軸共振器を容量を介して縦続結合してなる誘電体フィルタで構成されている。なお、送信用フィルタ2は、容量と誘電体同軸共振器との直列回路を伝送線路からなるインダクタンスを介して縦続接続してなるBEF(Band Elimination Filter)で構成してもよい。

【0024】送信用フィルタ2は、誘電体同軸共振器に代えてストリップ線路を用いたLPF又はBEFで構成することも可能であるが、高いQ値(尖鋭度)、通過帯域の低損失等を考慮すると、誘電体フィルタで構成することが望ましい。

【0025】受信用フィルタ3は、アンテナANTで受信された受信信号を所定の受信帯域の信号に制限するBPFからなるフィルタで、その出力端は受信端子Rxに接続されている。受信用フィルタ3は、例えばSAWフィルタで構成されている。なお、送信用フィルタ2も誘電体フィルタで構成することができるが、アンテナ共用器1の小型、軽量化を考慮すると、小型、軽量のSAWフィルタで構成することが望ましい。

【0026】アンテナ切換回路4は、2個のピンダイオードからなるダイオードD1、D2、及び入出力4位相回路41からなるRFスイッチ回路(RFスイッチ手段)、送信帯域の高周波信号を阻止する並列共振回路42及びアンテナ切換回路4に流れる制御電流を制限する抵抗Rで構成され、以下のように接続されている。

【0027】すなわち、ダイオードD1、λ/4位相回

路41及びダイオードD2がこの順に直列接続され、ダイオードD1のアノードは結合コンデンサC2を介して送信フィルタ2の出力端に接続されるとともに、並列共振回路42及び抵抗Rを介して制御端子CONTに接続され、ダイオードD2のカソードは接地されている。また、ダイオードD1のカソードは結合コンデンサC1を介してアンテナ端子antに接続され、ダイオードD2のアノードは結合コンデンサC3を介して受信フィルタ3の入力端に接続されている。

【0028】 $\lambda/4$ 位相回路41は、送信用フィルタ2から出力される送信信号の受信フィルタ3側への流入を阻止するもので、例えば $1/4$ 波長伝送線路で構成されている。 $\lambda/4$ 位相回路41は、ダイオードD2がON状態になると、阻止すべき周波数帯域(送信帯域)において入力端からダイオードD2側を見たインピーダンスが大きくなるように線路定数が設定されている。

【0029】並列共振回路42は、コンデンサ C_{RF} とコイル L_{RF} との並列回路からなり、その共振点が送信帯域内に設定されている。例えば送信帯域が900MHzの近傍に設定されている場合、コンデンサ C_{RF} 及びコイル L_{RF} の各回路定数は、例えば共振点が900MHzとなるように、 $C_{RF}=3\text{ pF}$ 、 $L_{RF}=10\text{ nH}$ に設定されている。

【0030】このように並列共振回路42の各回路定数が小さいので、コンデンサ C_{RF} は積層チップコンデンサや板状コンデンサで構成され、コイル L_{RF} は空心コイルで構成されている。なお、板状コンデンサは、図2に示すように、高誘電率の板状セラミックス5の表裏面に銀電極5、6を形成したものである。

【0031】従来のように、高周波信号を阻止する回路(以下、RFC回路という)を空心コイルからなるチョークコイルで構成した場合、インダクタンス値200nH以上の空心コイルを必要とするが、本実施例ではコイル L_{RF} のインダクタンス値がチョークコイルに対して $1/20$ 以下になるので、コイル L_{RF} の寸法を格段に小さくすることができる。例えばコイル径を同一とすると、コイル L_{RF} のコイル長(ターン数)はチョークコイルの場合の $1/20$ 以下となる。

【0032】なお、本実施例では、RFC回路を並列共振回路42で構成しているため、チョークコイルで構成したものより回路素子としてコンデンサ C_{RF} が余分に必要となるが、数pFの積層コンデンサ乃至は板状コンデンサは略1mm角の直方体で極めて小さいので、積層コンデンサ乃至は板状コンデンサと空心コイルとで構成した並列共振回路42のサイズが空心コイルからなるチョークコイル単体より格段に大きくなることはない。

【0033】また、送信帯域が異なる場合、RFC回路を空心コイルのチョークコイルで構成した場合、インダクタンス値に応じてチョークコイルのサイズが変化したが、本実施例のようにRFC回路を並列共振回路42で

構成した場合は、そのサイズは略一定とすることができ、アンテナ共用器1のサイズの標準化にも寄与する。

【0034】例えば送信帯域が1500MHz近傍にあり、共振点を1500MHzとすると、チョークコイルのインダクタンス値は120nH以上となるので、共振点を900MHzとした場合よりチョークコイルのコイル長は $1/1.7$ になるが、並列共振回路42の各回路定数は、 $C_{RF}=1\text{ pF}$ 、 $L_{RF}=10\text{ nH}$ となるので、積層コンデンサ乃至は板状コンデンサと空心コイルの各素子のサイズは殆ど変化することがない。

【0035】ダイオードD1、D2は、アンテナANTと送信用フィルタ2及び受信フィルタ3との接続を制御するスイッチ回路であり、制御端子CONTから入力される制御信号によりON/OFF(開閉)が制御される。

【0036】制御信号は所定の周期でハイレベルとローレベルとが交互に反転するパルス列信号からなり、制御信号のレベルによりアンテナANTは、以下に説明するように、送信用アンテナと受信アンテナとに切り換えられる。そして、時分割でアンテナANTを送信用アンテナと受信アンテナとに切り換えることによりアンテナANTを送受信共用して双方向通信が可能になっている。

【0037】(1)制御信号がハイレベルのとき
制御端子CONTがハイレベルになると、並列共振回路42のコイル L_{RF} 、ダイオードD1、 $\lambda/4$ 位相回路41及びダイオードD2に順方向電流が流れ、ダイオードD1、D2がON状態(閉状態)になる。ダイオードD1がON状態になると、送信用フィルタ2とアンテナ端子ant間は回路的に接続され、送信回路から送信用フィルタ2を介して出力された送信信号がダイオードD1及びコンデンサC1を介してアンテナANTに導かれ、空中に放射される。

【0038】なお、送信信号は $\lambda/4$ 位相回路41により阻止され、ダイオードD2を介してアースに流出することはない。また、送信信号は並列共振回路42により阻止され、制御端子CONT側に流出することはない。更に、アンテナANTで受信された受信信号は $\lambda/4$ 位相回路41を透過し、ダイオードD2を介してアースに流出され、受信フィルタ3側に導かれない。

【0039】従って、制御信号がハイレベルのとき、アンテナANTは送信用アンテナとして動作する。

【0040】(2)制御信号がローレベルのとき
制御端子CONTがローレベルになると、ダイオードD1、D2は逆バイアスされ、ダイオードD1、D2はOFF状態(開状態)になる。ダイオードD1、D2がOFF状態になると、送信用フィルタ2とアンテナ端子ant間は回路的に遮断され、送信回路から送信用フィルタ2を介して出力された送信信号はアンテナANTに導かれない。また、送信信号は並列共振回路42により阻

止され、制御端子CONT側に流出することはない。

【0041】一方、アンテナANTで受信された受信信号は $\lambda/4$ 位相回路41を透過し、ダイオードD2を介してアースに流出されるところなく受信用フィルタ3側に導かれる。従って、制御信号がローレベルのとき、アンテナANTは受信用アンテナとして動作する。

【0042】以上のように、RFC回路が積層チップコンデンサ枚乃至は板状コンデンサと空心コイルとの並列共振回路42で構成されているので、チョークコイル単体で構成した場合に比してRFC回路を小型かつ安価にすることができる。

【0043】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、アンテナが接続されるアンテナ端子と送信端子に接続された送信用フィルタ及び受信端子に接続された受信用フィルタとの間にRFスイッチ手段を設け、制御端子から入力される制御信号により上記RFスイッチ手段の接続を切り換えてアンテナを送信用と受信用とに共用するRFスイッチ内蔵アンテナ共用器であって、上記送信帯域に共振点を有する、コンデンサとコイルとの並列共振回路を、上記制御端子と上記RFスイッチ手段間に介設して送信信号の制御端子側への流出を阻止するようにしたので、この送信信号阻止回路を従来のチョークコイルで構成した場合に比して各回路素子のリアクタンス値が小さくなり、送信信号阻止回路の小型化延いてはRFスイ

ッチ内蔵アンテナ共用器の小型化及び低価格化が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るRFスイッチ内蔵アンテナ共用器の一実施例の回路構成図である。

【図2】板状コンデンサの構造を示す斜視図である。

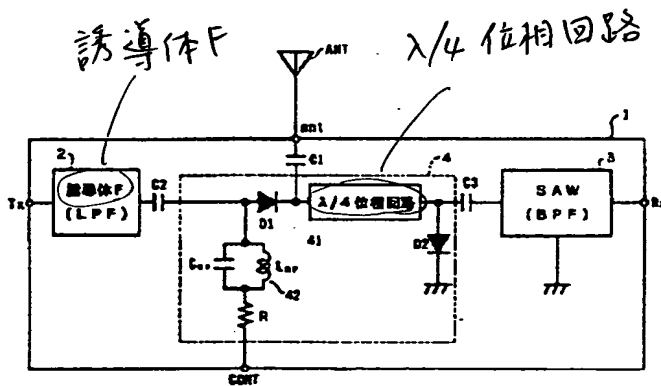
【図3】従来のアンテナ共用器のブロック図である。

【図4】従来のRFスイッチの回路構成図である。

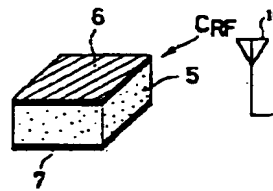
【符号の説明】

- 1 アンテナ共用器
- 2 送信用フィルタ
- 3 受信用フィルタ
- 4 アンテナ切換回路
- 41 $\lambda/4$ 位相回路
- 42 並列共振回路 (RFC回路)
- 5 セラミックス
- 6, 7 電極
- ANT アンテナ
- ant アンテナ端子
- C1, C2, C3, C_{RF} コンデンサ
- D1, D2 ダイオード
- L_{RF} コイル
- R_x 受信端子
- T_x 送信端子

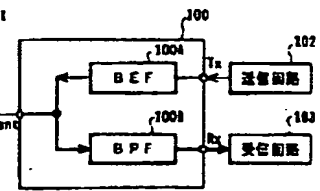
【図1】



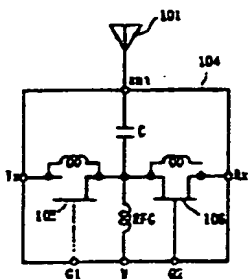
【図2】



【図3】



【図4】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.